

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP. HỒ CHÍ MINH**  
**TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ THÔNG TIN**



**UIT**  
**TRƯỜNG ĐẠI HỌC**  
**CÔNG NGHỆ THÔNG TIN**

**BÁO CÁO THỰC HÀNH**

**MÔN CS106 – TRÍ TUỆ NHÂN TẠO**

**BT2 - Heuristics & A\* search**

**Giảng viên hướng dẫn: Thầy Lương Ngọc Hoàng**

**Sinh viên thực hiện: Trần Ngọc Thiện**

**MSSV: 21521465**

**TP. HỒ CHÍ MINH, Tháng 3 Năm 2024**

[illegible]

Người nhận xét

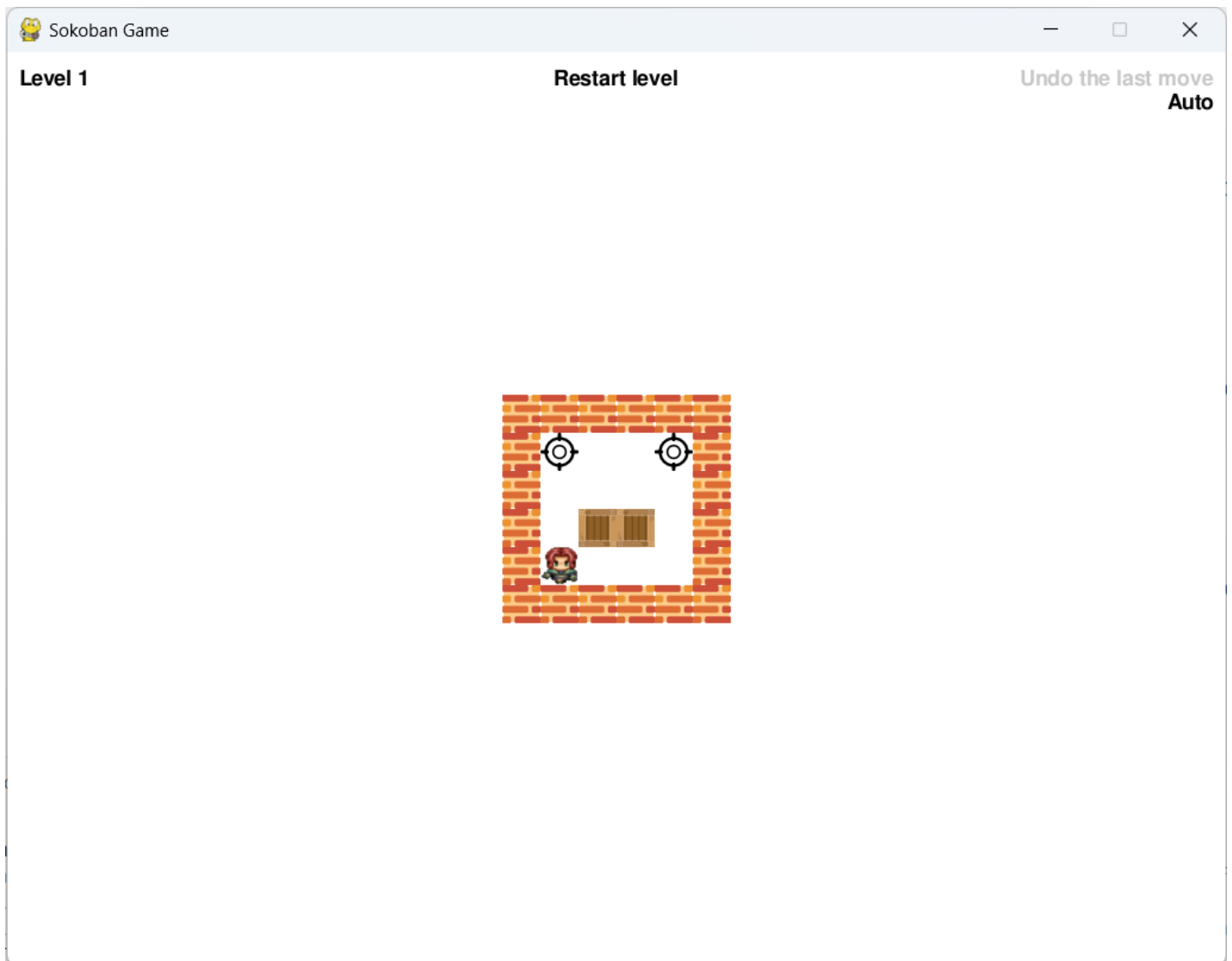
CS106.021

## Mục lục

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| Mô tả bài toán .....               | 4  |
| Kết quả.....                       | 6  |
| 1. UCS.....                        | 6  |
| 2. A* (heuristic mặc định) .....   | 7  |
| 3. A* (heuristic tự thiết kế)..... | 8  |
| 4. So sánh.....                    | 9  |
| a. Thời gian.....                  | 9  |
| b. Số node đã mở .....             | 10 |

## Mô tả bài toán

Sokoban là trò chơi dạng câu đố trong đó người chơi phải đẩy một số khối hộp vượt qua chướng ngại vật để đến đích. Trò chơi có dạng bảng ô vuông. Có một số khối hộp được đẩy đến đích (số ô đích đúng bằng số khối hộp). Chỉ có thể đẩy từng khối hộp một, và không thể kéo, cũng như không thể đẩy một dãy hai hay nhiều hộp.



Bài toán tìm lời giải cho sokoban được mô hình hóa như sau:

- Không gian trạng thái chứa tất cả tổ hợp vị trí của nhân vật và các khối hộp.

- Mỗi trạng thái là một tổ hợp vị trí của nhân vật và các khối hộp.
- Trạng thái khởi đầu là tổ hợp vị trí của nhân vật và các khối hộp ban đầu của màn chơi.
- Trạng thái kết thúc là tổ hợp vị trí của nhân vật và các khối hộp mà trong đó vị trí mỗi hộp trùng với vị trí một ô đích.
- Successor function: cập nhật vị trí nhân vật và các khối hộp
  - Hành động (action): di chuyển nhân vật về 1 trong 4 hướng lên (up, u), xuống (down, d), trái (left, l), phải (right, r) với cự li 1 ô; nếu tồn tại khối hộp tại đích thì di chuyển khối hộp đó 1 ô theo cùng hướng di chuyển của nhân vật.
  - Chi phí (cost) (với uniform cost search): chi phí đường đi là số bước đi không dịch chuyển hộp.
  - Heuristic mặc định: tổng khoảng cách giữa các hộp tới đích tương ứng.
  - Heuristic tự thiết kế: tổng các khoảng cách giữa từng hộp đến đích gần nó nhất.
- Các hành động hợp lệ khi:
  - Với hành động không dịch chuyển hộp: vị trí đích đến của nhân vật không có chướng ngại (tường)
  - Với hành động có dịch chuyển hộp: vị trí đích đến của hộp không có chướng ngại (tường, hộp khác)
- Output bài toán: lời giải cho màn chơi (tổ hợp các hành động theo thứ tự để biến đổi từ trạng thái khởi đầu đến trạng thái kết thúc).

## Kết quả

### 1. UCS

| Level | Thời gian (giây) | Số node đã mở | Lời giải  |
|-------|------------------|---------------|---|
| 1     | 0.08             | 721           | [r', 'U', 'R', 'd', r', 'U', 'U', 'T', 'L', 'd', 'T', 'U']  |
| 2     | 0.01             | 65            | ['U', 'U', 'd', 'd', r', r', r', 'U', 'U']  |
| 3     | 0.13             | 510           | ['L', r', 'd', r', 'd', 'd', 'D', 'L', 'd', 'T', 'T', 'U', 'U', 'd', 'R']   |
| 4     | 0                | 56            | ['T', 'T', 'T', 'd', 'R', 'R', 'R']   |
| 5     | 103.93           | 357204        | ['u', 'T', 'u', 'R', 'R', 'd', r', 'U', 'U', 'U', 'd', 'T', 'L', 'U', 'd', 'L', 'd', 'T', 'U', 'U']   |
| 6     | 0.02             | 251           | ['d', 'T', 'T', 'u', 'R', 'd', r', 'U', 'U', 'U', 'd', 'd', r', r', 'u', 'u', 'u', 'T', 'L']  |
| 7     | 0.79             | 6047          | ['L', 'U', 'U', 'U', 'T', 'u', 'R', 'd', 'd', 'd', 'd', 'L', 'd', 'T', 'U', 'U', 'U', 'U', 'T', 'u', 'R']   |
| 8     | 0.3              | 2384          | ['T', 'T', 'D', 'D', 'D', 'D', 'D', 'D', 'T', 'd', 'd', 'd', r', r', 'u', 'u', 'L', 'u', 'u', 'u', 'u', 'u', 'u', 'r', r', 'd', 'L', 'u', 'T', 'D', 'D', 'D', 'D', 'D', 'D', 'T', 'T', 'T', 'd', 'd', r', r', 'U', 'd', 'T', 'T', 'u', 'u', r', 'R', 'd', 'd', 'd', r', r', 'u', 'u', 'L', 'U', 'U', 'U', 'U', 'U', 'U', 'T', 'u', 'R', 'd', 'd', 'd', 'd', 'd', 'd', 'd', r', 'd', 'd', 'T', 'T', 'u', 'U', 'd', 'T', 'T', 'u', 'u', r', 'R', 'd', r', 'U', 'U', 'U', 'U', 'U', 'U']   |
| 9     | 0.01             | 75            | ['d', 'T', 'U', 'd', 'T', 'T', 'U', 'R']  |
| 10    | 0.02             | 219           | ['d', 'T', 'U', r', r', r', 'd', 'L', 'u', 'T', 'T', 'd', 'd', r', 'U', 'T', 'u', 'R', 'u', 'u', 'T', 'D', r', 'd', 'd', r', r', 'u', 'L', 'd', 'T', 'U', 'U']  |
| 11    | 0.13             | 1226          | [r', r', 'D', 'u', 'T', 'T', 'd', 'R', 'R', 'u', r', 'D', r', 'd', 'd', 'T', 'T', 'U', 'R', 'u', 'u', 'T', 'D']   |
| 12    | 0.26             | 2343          | ['d', r', r', 'd', r', r', 'u', 'L', 'L', 'u', 'u', r', 'D', 'D', 'u', 'T', 'T', 'T', 'd', 'R', 'T', 'd', 'd', r', r', 'u', 'U', r', r', 'd', 'L']  |
| 13    | 0.13             | 1226          | [r', r', 'D', 'u', 'T', 'T', 'd', 'R', 'R', 'u', r', 'D', r', 'd', 'd', 'T', 'T', 'U', 'R', 'u', 'u', 'T', 'D']   |
| 14    | 4.46             | 26353         | ['u', 'T', 'T', 'D', 'L', 'd', 'R', 'u', 'u', r', r', 'd', 'L', 'L', r', r', 'd', 'd', 'T', 'U', r', 'u', 'L']  |
| 15    | 0.47             | 2506          | [r', 'd', 'd', 'L', r', 'u', 'u', 'T', 'D', 'T', 'D', 'D', 'D', r', 'd', 'L', 'L', 'd', 'T', 'T', 'u', 'R', 'u', 'R', 'T', 'd', 'd', r', 'U', r', 'U', 'U', 'U', 'T', 'u', 'R', 'R', 'R', 'd', 'L', 'u', 'T', 'D', 'D', 'D', r', 'd', 'L', 'L', 'd', 'T', 'T', 'u', 'R', 'u', 'R', 'T', 'd', 'd', r', 'U', r', 'U', 'U', 'U', 'T', 'u', 'R', 'd', 'd', 'd', 'd', 'T', 'T', 'u', 'R', 'd', r', 'U', 'U', 'U', r', r', 'u', 'u', 'T', 'D', r', 'd', 'L', 'u', 'L', 'D', 'D', 'D', r', 'd', 'L', 'L', 'u', 'T', 'D', r', 'd', 'L'] |

|    |       |       |  |
|----|-------|-------|--|
| 16 | 23.48 | 57276 | ['R', 'u', 'r', 'r', 'd', 'd', 'd', 'd', 'l', 'D', 'R', 'u', 'u', 'u', 'u', 'L', 'L', 'L', 'r', 'd', 'R', 'D', 'r', 'd', 'd', 'l', 'L', 'd', 'l', 'l', 'U', 'U', 'd', 'R'] |
| 17 |       |       | Không tìm được   |
| 18 |       |       | Không tìm được   |

## 2. A\* (heuristic mặc định)

| Level | Thời gian (giây) | Số node đã mở | Lời giải   |
|-------|------------------|---------------|--|
| 1     | 0.01             | 41            | ['r', 'U', 'U', 'd', 'R', 'd', 'r', 'U', 'U', 'l', 'u', 'L']   |
| 2     | 0                | 44            | ['U', 'U', 'd', 'd', 'r', 'r', 'r', 'U', 'U']  |
| 3     | 0.01             | 40            | ['L', 'r', 'd', 'r', 'd', 'd', 'D', 'L', 'd', 'l', 'l', 'U', 'U', 'd', 'R']  |
| 4     | 0                | 30            | ['l', 'l', 'l', 'd', 'R', 'R', 'R']  |
| 5     | 0.12             | 544           | ['u', 'r', 'u', 'L', 'd', 'l', 'U', 'U', 'R', 'U', 'd', 'R', 'd', 'r', 'U', 'U', 'l', 'l', 'L', 'd', 'l', 'U']   |
| 6     | 0.02             | 209           | ['d', 'l', 'l', 'u', 'R', 'd', 'r', 'U', 'U', 'U', 'd', 'd', 'r', 'r', 'u', 'u', 'u', 'l', 'L']  |
| 7     | 0.12             | 888           | ['L', 'U', 'U', 'U', 'l', 'u', 'R', 'd', 'd', 'd', 'd', 'L', 'd', 'l', 'U', 'U', 'U', 'U', 'l', 'u', 'R']  |
| 8     | 0.33             | 2353          | ['l', 'l', 'D', 'D', 'D', 'D', 'D', 'D', 'l', 'd', 'd', 'd', 'r', 'r', 'u', 'u', 'L', 'u', 'u', 'u', 'u', 'u', 'u', 'r', 'r', 'd', 'L', 'u', 'l', 'D', 'D', 'D', 'D', 'D', 'D', 'l', 'l', 'l', 'd', 'd', 'r', 'r', 'U', 'd', 'l', 'l', 'u', 'u', 'r', 'R', 'd', 'd', 'd', 'r', 'r', 'u', 'u', 'L', 'U', 'U', 'U', 'U', 'U', 'U', 'l', 'u', 'R', 'd', 'd', 'd', 'd', 'd', 'd', 'd', 'r', 'd', 'd', 'l', 'l', 'u', 'U', 'd', 'l', 'l', 'u', 'u', 'r', 'R', 'd', 'r', 'U', 'U', 'U', 'U', 'U', 'U'] |
| 9     | 0.01             | 32            | ['d', 'l', 'U', 'd', 'l', 'l', 'U', 'R']   |
| 10    | 0.02             | 199           | ['d', 'l', 'U', 'r', 'r', 'r', 'd', 'L', 'u', 'l', 'l', 'd', 'd', 'r', 'U', 'l', 'u', 'R', 'u', 'u', 'l', 'D', 'r', 'd', 'd', 'r', 'r', 'u', 'L', 'd', 'l', 'U', 'U']  |
| 11    | 0.03             | 285           | ['r', 'D', 'l', 'd', 'd', 'r', 'r', 'r', 'u', 'u', 'L', 'L', 'r', 'r', 'd', 'd', 'l', 'l', 'U', 'd', 'r', 'r', 'u', 'u', 'l', 'u', 'l', 'l', 'D', 'R', 'd', 'd', 'l', 'U']   |
| 12    | 0.07             | 599           | ['r', 'r', 'D', 'u', 'l', 'l', 'd', 'R', 'R', 'u', 'r', 'D', 'r', 'd', 'd', 'l', 'l', 'U', 'R', 'u', 'u', 'l', 'D']  |
| 13    | 0.22             | 1649          | ['d', 'r', 'r', 'd', 'r', 'r', 'u', 'L', 'L', 'u', 'u', 'r', 'D', 'D', 'u', 'l', 'l', 'l', 'd', 'R', 'l', 'd', 'd', 'r', 'r', 'u', 'U', 'r', 'r', 'd', 'L']  |
| 14    | 1.58             | 8894          | ['u', 'l', 'l', 'D', 'L', 'd', 'R', 'u', 'u', 'r', 'r', 'd', 'L', 'L', 'r', 'r', 'd', 'd', 'l', 'U', 'r', 'u', 'L']  |
| 15    | 0.46             | 2249          | ['r', 'd', 'd', 'L', 'r', 'u', 'u', 'l', 'D', 'l', 'D', 'D', 'D', 'r', 'd', 'L', 'L', 'd', 'l', 'l', 'u', 'R', 'u', 'R', 'l', 'd', 'd', 'r', 'U', 'r', 'U', 'U', 'U', 'U', 'l', 'u', 'R', 'R', 'R',  |





|           |      |       |  |
|-----------|------|-------|--|
|           |      |       | 'R', 'l', 'd', 'd', 'r', 'r', 'u', 'U', 'r', 'r', 'd', 'L']  |
| <b>14</b> | 3.53 | 16312 | ['u', 'l', 'l', 'D', 'L', 'd', 'R', 'u', 'u', 'r', 'r', 'd', 'L', 'L', 'r', 'r', 'd', 'd', 'l', 'U', 'r', 'u', 'L']  |
| <b>15</b> | 0.49 | 2332  | ['r', 'd', 'd', 'L', 'r', 'u', 'u', 'l', 'D', 'l', 'D', 'D', 'D', 'r', 'd', 'L', 'L', 'd', 'l', 'l', 'u', 'R', 'u', 'R', 'l', 'd', 'l', 'u', 'l', 'D', 'D', 'D', 'r', 'd', 'L', 'L', 'd', 'l', 'l', 'u', 'R', 'u', 'R', 'l', 'd', 'd', 'r', 'U', 'r', 'U', 'U', 'U', 'l', 'u', 'R', 'd', 'd', 'd', 'd', 'l', 'l', 'u', 'R', 'd', 'r', 'U', 'U', 'U', 'r', 'r', 'u', 'u', 'l', 'D', 'r', 'd', 'L', 'u', 'L', 'D', 'D', 'D', 'r', 'd', 'L', 'L', 'u', 'l', 'D', 'r', 'd', 'L'] |
| <b>16</b> | 4.54 | 9654  | ['R', 'u', 'r', 'r', 'd', 'd', 'd', 'd', 'l', 'D', 'R', 'u', 'u', 'u', 'u', 'L', 'L', 'L', 'r', 'd', 'R', 'D', 'r', 'd', 'd', 'l', 'L', 'd', 'l', 'l', 'U', 'U', 'd', 'R']   |
| <b>17</b> |      |       | Không tìm được   |
| <b>18</b> |      |       | Không tìm được   |

## 4. So sánh

### a. Thời gian

| Level | UCS            | A* (heuristic cũ) | A* (heuristic mới) |
|-------|----------------|-------------------|--------------------|
| 1     | 0.08           | 0.01              | 0.02               |
| 2     | 0.01           | 0                 | 0.01               |
| 3     | 0.13           | 0.01              | 0.02               |
| 4     | 0              | 0                 | 0                  |
| 5     | 103.93         | 0.12              | 0.38               |
| 6     | 0.02           | 0.02              | 0.02               |
| 7     | 0.79           | 0.12              | 0.21               |
| 8     | 0.3            | 0.33              | 0.38               |
| 9     | 0.01           | 0.01              | 0                  |
| 10    | 0.02           | 0.02              | 0.02               |
| 11    | 0.13           | 0.03              | 0.03               |
| 12    | 0.26           | 0.07              | 0.1                |
| 13    | 0.13           | 0.22              | 0.27               |
| 14    | 4.46           | 1.58              | 3.53               |
| 15    | 0.47           | 0.46              | 0.49               |
| 16    | 23.48          | 0.75              | 4.54               |
| 17    | Không tìm được | Không tìm được    | Không tìm được     |
| 18    | Không tìm được | Không tìm được    | Không tìm được     |

## b. Số node đã mở

| Level | UCS            | A* (heuristic cũ) | A* (heuristic mới) |
|-------|----------------|-------------------|--------------------|
| 1     | 721            | 41                | 83                 |
| 2     | 65             | 44                | 44                 |
| 3     | 510            | 40                | 114                |
| 4     | 56             | 30                | 30                 |
| 5     | 357204         | 544               | 1341               |
| 6     | 251            | 209               | 209                |
| 7     | 6047           | 888               | 1368               |
| 8     | 2384           | 2353              | 2390               |
| 9     | 75             | 32                | 29                 |
| 10    | 219            | 199               | 213                |
| 11    | 1226           | 285               | 289                |
| 12    | 2343           | 599               | 751                |
| 13    | 1226           | 1649              | 1958               |
| 14    | 26353          | 8894              | 16312              |
| 15    | 2506           | 2249              | 2332               |
| 16    | 57276          | 2161              | 9654               |
| 17    | Không tìm được | Không tìm được    | Không tìm được     |
| 18    | Không tìm được | Không tìm được    | Không tìm được     |

## Kết luận

- Thuật toán A\* chạy nhanh hơn và cần mở ít node hơn USC trong đa số các trường hợp.
- Thuật toán A\* sử dụng hàm heuristic mới chạy chậm hơn và cần mở nhiều node hơn A\* sử dụng hàm heuristic cũ trong đa số các trường hợp -> Hàm heuristic cũ tốt hơn.
- Do hàm heuristic được dùng có tính lạc quan nên thuật toán A\* sẽ luôn tìm được giải pháp tối ưu nếu có.